

**ALLEGATI**  
**RISCHIO VIBRAZIONI**

## **VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA VIBRAZIONI AL CORPO INTERO**

L'analisi del rischio da vibrazioni al corpo intero (**W.B.V.**) è stata effettuata sugli operatori dei mezzi semoventi operanti nella discarica.

Sono stati esaminati i mezzi che espongono a W.B.V. messi a disposizione dall'azienda, che sono: compattatore Caterpillar 816, pala meccanica cingolata Fiat Allis FD 14-E, escavatore cingolato Case 210 CX, escavatore Fiat Hitachi (*operanti nell'area attiva della discarica*) e autocarri Fiat Iveco 330-36, autocarro Iveco (*conferitori*). Per ciascun mezzo è stata fatta una stima del tempo di esposizione medio giornaliero a cui è sottoposto il singolo operatore, sulla base delle informazioni fornite dalla direzione aziendale. Sono state quindi effettuate "appropriate" misurazioni su ciascuno dei mezzi indicati, che, congiuntamente ai già menzionati tempi di esposizione, consentono la valutazione del rischio ai sensi delle principali normative vigenti.

### **METODICA DI MISURA**

La strumentazione di misura utilizzata è costituita da: *accelerometro triassiale ICP mod. AP 2081 n. serie 3062* incorporato in idoneo piattello di gomma collegato tramite cavo allo strumento misuratore *Larson Davis HVM 100* dotato di memoria interfacciabile con personal computer per le successive elaborazioni delle misure.

Il piattello viene correttamente orientato sul sedile del mezzo con l'ausilio di nastro adesivo che ne garantisce il posizionamento.

Lo strumento viene adeguatamente configurato per la misura di W.B.V., settandone il guadagno e il tempo di integrazione, in base alla durata della misura: quest'ultima viene opportunamente scelta in base al ciclo lavorativo, in maniera da essere rappresentativa dell'intero tempo di esposizione giornaliero.

Al termine di ciascuna misura, ne vengono visionati i risultati complessivi, per verificare eventuali anomalie (*ad esempio fuori scala di alcuni valori*) che potrebbero consigliarne la ripetizione.

La valutazione del rischio viene condotta riferendosi alla *Direttiva Europea 2002/44/CE* [2], che fornisce le indicazioni di natura prevenzionale da attuare nei luoghi di lavoro, in termini di accelerazione media ponderata riportata alle 8 ore A(8) (valore d'azione =  $0,5\text{m/s}^2$ , valore limite =  $1,15\text{m/s}^2$ ) e di dosi di vibrazioni VDV (valore d'azione =  $9,1\text{m/s}^{1,75}$ , valore limite =  $21\text{m/s}^{1,75}$ ).

Per completezza e per valutare l'eventuale presenza di fenomeno impulsivo, è stata inoltre effettuata la valutazione ai sensi della normativa *ISO 2631/1 del 1997* [1] (*che consente la valutazione del rischio per la salute*), considerandone sia il metodo base che i metodi addizionali (**VDV**).

I tempi d'esposizione effettivi sulle singole macchine (*privi delle pause*), come dichiarati dalla direzione aziendale, sono riportati in tabella 1. Si è tenuto conto dell'organizzazione del lavoro che prevede l'uso di più macchine da parte di un singolo operatore, pertanto si è condotta l'analisi del rischio a W.B.V. anche considerando le combinazioni d'esposizione più severe.

Per quanto riguarda l'autocarro IVECO sono state acquisite più misure, in quanto i singoli tragitti cui esse si riferiscono, pur facendo parte di un unico ciclo lavorativo, sono interrotti l'uno dall'altro dalla discesa dell'autista dal mezzo, ciò che comporta problemi di natura strumentale. Tali misure sono state aggregate secondo i previsti schemi di calcolo e considerate unitariamente per la valutazione del rischio. La combinazione d'uso compattatore-pala è stata considerata nei rapporti temporali dichiarati dalla direzione aziendale. La combinazione pala-escavatore non viene considerata poiché i due mezzi singolarmente non danno luogo a rischio. La combinazione compattatore-escavatore anche per rapporti temporali più sfavorevoli conduce ad un rischio espositivo inferiore a quello della combinazione compattatore-pala.

## RISULTATI

Si è condotta la valutazione dell'esposizione innanzitutto rispetto ai valori forniti dalla Direttiva Europea per l'accelerazione A(8) (*valore d'azione e valore limite*), ma anche ai sensi della normativa ISO 2631/1 del 1997 [3], quest'ultima visualizzata nel Grafico 1.

E' stata inoltre condotta, per completezza, la valutazione del contenuto impulsivo del fenomeno vibratorio (*metodo del VDV*) [3].

Nella Tabella 1, in cui sono riportati i valori misurati di accelerazione, i tempi di misura e i tempi di esposizione dichiarati, sono stati calcolati i corrispondenti valori di A(8) che risultano tutti inferiori al valore d'azione ( $0,5m/s^2$ ).

Per una valutazione esaustiva ai fini prevenzionali, sono stati calcolati i "*tempi di esposizione limite*" oltre i quali vengono superati, rispettivamente, il valore d'azione di A(8) della Direttiva Europea ( $0,5m/s^2$ ) e la curva inferiore della ISO 2631-97. In particolare si può osservare che condizioni critiche si possono verificare per il compattatore (*asse y*,  $t_{lim.} = 6,27$  ore), che comunque, avendo un tempo di esposizione "*netto*" dichiarato di 4,5 ore, non desta preoccupazioni. Si tenga anche presente che la ISO 2631 è più severa, rispetto alla *Direttiva Europea*, nella valutazione del rischio secondo il metodo dell'accelerazione. Seguendo l'analisi in quest'ottica, si verificano criticità per l'autocarro Fiat Iveco 330-36 che ha "*tempi d'esposizione limite*" molto bassi sia riguardo alla Direttiva Europea, che alla ISO 2631. L'ultima criticità emerge nella combinazione dell'uso del compattatore con la pala meccanica, soltanto relativamente alla ISO 2631.

Per quanto attiene al fenomeno impulsivo, emerge dalla tab. 2 che vi è un notevole rischio soltanto per l'autocarro Fiat Iveco 330-36, con dosi di vibrazioni VDV molto elevate, e "*tempi limite di esposizione*" estremamente ridotti. Si segnala che anche l'escavatore Case 210 CX presenta un fenomeno impulsivo (*asse z*) da non trascurare ( $VDV_{Tz} = 8,67 m/s^{1,75}$ ).

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Da quanto sopra, si può constatare che il rischio da esposizione a vibrazioni al corpo intero sui mezzi operanti nell'attività di discarica RSU risulta abbastanza contenuto, fuorché per l'autocarro Fiat Iveco 330-36, che presenta valori elevati tanto in termini di accelerazione, che in termini di dose assorbita (*fenomeno impulsivo*), ed è possibile utilizzarlo in sicurezza per tempi di esposizione giornalieri molto ridotti. Anche il compattatore Caterpillar 816 e l'uso combinato del compattatore e della pala meccanica Fiat-Allis presentano livelli di esposizione relativi all'accelerazione non trascurabili, ma comunque inferiori ai limiti della Direttiva Europea, per i tempi di esposizione dichiarati dalla direzione aziendale.

L'escavatore Case, come già evidenziato, presenta un fenomeno impulsivo che, pur non ricadendo in zona rischio, merita di essere considerato nelle eventuali riprogrammazioni dei turni lavorativi. L'analisi è stata svolta calcolando, per ogni singola macchina e combinazione di esse, i "*tempi limite*" oltre i quali vengono rispettivamente superati i valori della Direttiva Europea e della ISO 2631: detta scelta rende i risultati ottenuti utilizzabili anche qualora i tempi di esposizione variassero in conseguenza di aggiornamenti nell'organizzazione del lavoro.

Il livello di rischio generalmente basso riscontrato è principalmente dovuto alla natura del terreno (*letto di discarica*) su cui i mezzi prevalentemente operano, che essendo "*morbido*" ha un effetto smorzante, e nel caso degli escavatori al fatto che essi operano prevalentemente da fermi, effettuando principalmente spostamenti della benna senza traslazioni del mezzo.

Per quanto riguarda l'autocarro Fiat Iveco 330-36, particolare attenzione dovrà essere posta allo stato di manutenzione delle vie interne di cantiere.

MEZZO VIBRANTE	LAVORAZIONE	PERCORSO	tempo di esposizione dichiarato [minuti]	durata misura [minuti]	$a_{eq\ z}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{eq\ y}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{eq\ x}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{eq\ sum}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$A_z(\theta)$ [m/s <sup>2</sup> ]	$A_y(\theta)$ [m/s <sup>2</sup> ]	$A_x(\theta)$ [m/s <sup>2</sup> ]	$t_{lim\ asse\ z}$ D.Eu. [ore]	$t_{lim\ asse\ y}$ D.Eu. [ore]	$t_{lim\ asse\ x}$ D.Eu. [ore]	$t_{lim\ asse\ z}$ ISO 2631 [ore]	$t_{lim\ asse\ y}$ ISO 2631 [ore]	$t_{lim\ asse\ x}$ ISO 2631 [ore]
Compattatore Caterpillar 816	Compattazione rifiuti su letto di discarica	letto di discarica	270,00	20,00	0,15	0,35	0,24	0,61	0,11	0,36	0,25	85,44	8,47	18,32	63,19	6,27	13,55
Pala meccanica Fiat-Allis FD 14E	Spargimento rifiuti su letto di discarica	letto di discarica	90,00	20,00	0,41	0,22	0,27	0,64	0,18	0,13	0,16	11,78	22,07	14,00	8,71	16,33	10,35
Escavatore Case 210 CX	Sistemazione balle rifiuti su letto di discarica	letto di discarica, piccoli movimenti	360,00	18,00	0,24	0,12	0,15	0,36	0,21	0,15	0,18	34,72	70,86	45,35	25,68	52,41	33,54
Autocarro Fiat Iveco 330-36	Trasporto terreno su letto di discarica	sterrato	60,00	11,83	0,80	0,59	0,54	1,37	0,28	0,29	0,26	3,13	2,95	3,57	2,31	2,18	2,64
Escavatore Fiat Hitachi	Riempimento autocarro con terreno di riporto	terreno di riporto, prevalentemente fermo	120,00	17,53	0,26	0,08	0,13	0,34	0,13	0,06	0,09	28,70	157,46	65,31	21,22	116,46	48,30
Autocarro Iveco	Scarico balle rifiuti su letto di discarica	letto di discarica	20,40	3,40	0,29	0,44	0,23	0,76	0,06	0,13	0,07	23,30	5,20	19,29	17,23	3,85	14,27
Autocarro Iveco	Tragitto discarica - stabilimento (cassone vuoto)	stradale	161,70	26,95	0,32	0,28	0,17	0,55	0,19	0,22	0,14	19,29	13,49	36,59	14,27	9,98	27,06
Autocarro Iveco	Sgancio cassone vuoto e aggancio cassone pieno	fermo	22,86	3,81	0,18	0,15	0,12	0,32	0,04	0,05	0,04	60,38	45,96	72,06	44,66	33,99	53,29
Autocarro Iveco	Tragitto stabilimento - discarica (cassone pieno)	stradale	150,90	25,15	0,36	0,22	0,16	0,52	0,20	0,17	0,12	15,18	21,47	41,40	11,23	15,88	30,62
Autocarro Iveco	Tragitto bilico pesa - zona di scarico	sterrato	43,56	3,63	0,30	0,35	0,18	0,63	0,09	0,15	0,08	22,22	8,19	30,81	16,44	6,06	22,78
Autocarro Iveco	Ciclo lavorativo completo	vario	399,42	66,57	0,33	0,27	0,17	0,55	0,30	0,35	0,21	18,54	13,89	36,80	13,71	10,27	27,22
Compattatore e Pala Meccanica (rapporto tempo 2:1)	combinazione delle due rispettive	combinazione dei due rispettivi	360,00	26,67	0,24	0,32	0,24	0,61	0,21	0,39	0,30	33,34	10,02	17,01	24,66	7,41	12,58

Tabella 1

MEZZO VIBRANTE	$a_{picco\ z}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{picco\ y}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{picco\ x}$ [m/s <sup>2</sup> ]	FC z	FC y	FC x	VDV z [m/s <sup>1,75</sup> ]	VDV y [m/s <sup>1,75</sup> ]	VDV x [m/s <sup>1,75</sup> ]	R z	R y	R x	VDV T z [m/s <sup>1,75</sup> ]	VDV T y [m/s <sup>1,75</sup> ]	VDV T x [m/s <sup>1,75</sup> ]	$t_{lim\ asse\ z}$ D.Eu. [ore]	$t_{lim\ asse\ y}$ D.Eu. [ore]	$t_{lim\ asse\ x}$ D.Eu. [ore]
Compattatore	1,59	2,19	1,66	10,39	6,31	7,03	1,36	2,98	2,19	1,51	2,25	2,70	2,61	5,71	4,20	668,17	28,99	99,37
Pala meccanica	1,96	1,47	1,83	4,76	6,84	6,78	3,22	1,84	2,57	1,33	6,72	6,29	4,69	2,68	3,74	21,26	199,42	52,40
Escavatore Case 210 CX	6,37	2,10	2,57	26,54	17,50	17,13	4,10	1,60	2,33	2,98	17,54	16,69	8,67	3,38	4,93	7,28	313,91	69,80
Autocarro Fiat Iveco	7,67	16,80	15,60	9,59	28,57	29,16	6,87	11,50	12,80	1,66	4,44	5,27	10,31	17,26	19,21	0,61	0,08	0,05
Escavatore Fiat Hitachi	5,59	1,63	2,11	21,17	20,25	16,88	3,98	1,14	1,90	2,65	24,78	21,48	6,44	1,84	3,07	7,98	1186,25	153,74
Autocarro Iveco	2,04	2,70	1,74	6,96	6,09	7,57	1,94	2,95	1,57	1,75	2,14	3,71	3,04	4,62	2,46	27,43	5,13	63,96
Autocarro Iveco	2,88	2,19	1,95	8,94	7,96	11,68	3,67	2,20	2,90	1,80	6,37	10,90	5,74	3,44	4,54	16,98	131,49	43,55
Autocarro Iveco	2,45	1,10	1,08	13,46	7,38	9,08	1,53	1,07	0,87	2,16	5,65	7,44	2,40	1,68	1,36	79,46	332,20	770,66
Autocarro Iveco	3,23	1,33	1,04	8,90	6,10	6,62	3,66	1,96	1,45	1,62	7,77	12,26	5,73	3,07	2,27	16,02	194,77	650,25
Autocarro Iveco	1,92	1,58	0,96	6,40	4,48	5,26	1,67	1,90	1,01	1,45	2,30	4,28	3,11	3,54	1,88	53,34	31,84	398,69
Autocarro Iveco	3,23	2,70	1,95	9,84	9,96	11,71	4,46	3,45	3,03	1,71	1,60	2,29	6,98	5,40	4,74	19,21	53,85	90,72
Compattatore e Pala Meccanica (rapporto tempo 2:1)	1,96	2,19	1,83	8,00	6,86	7,47	2,50	3,02	2,48	1,62	1,49	1,60	4,80	5,78	4,74	77,64	36,86	81,18

Tabella 2

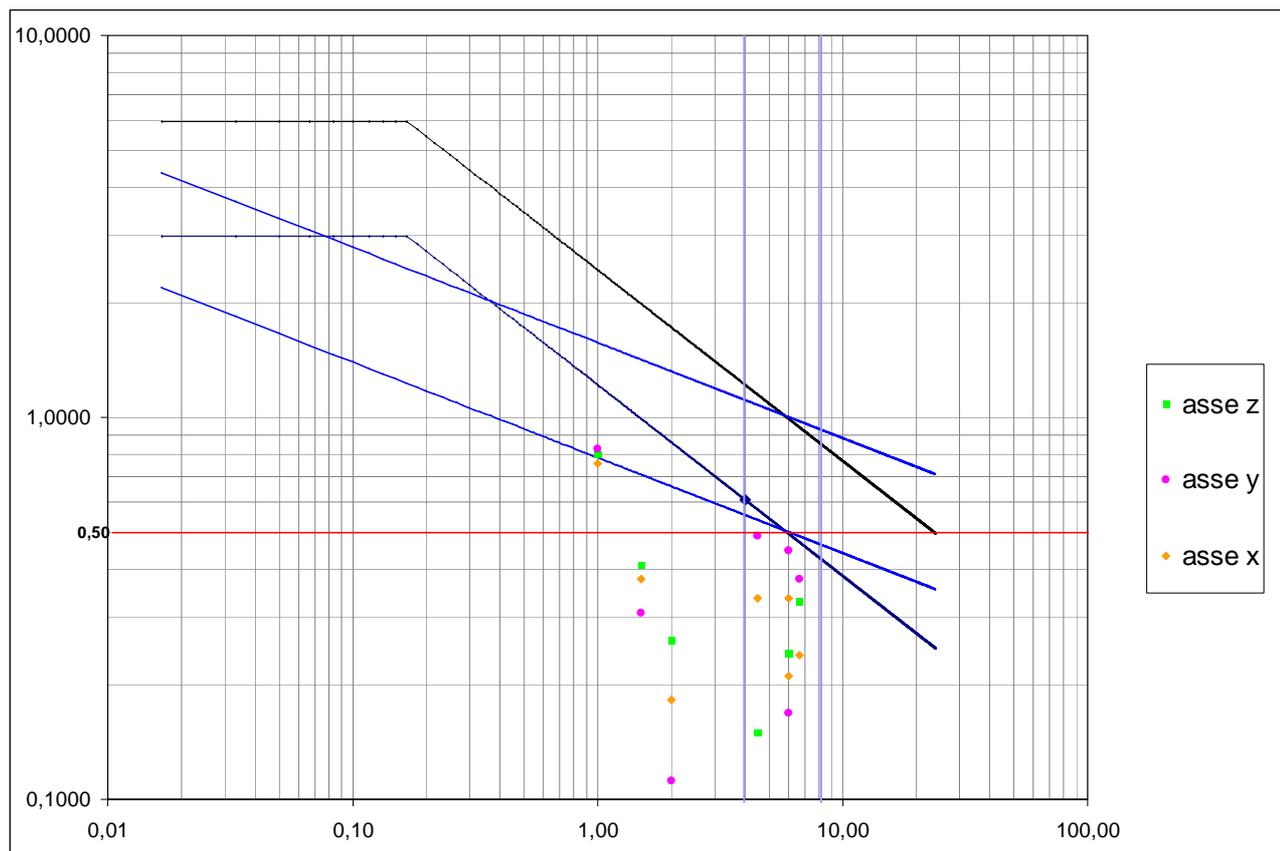


Grafico 1